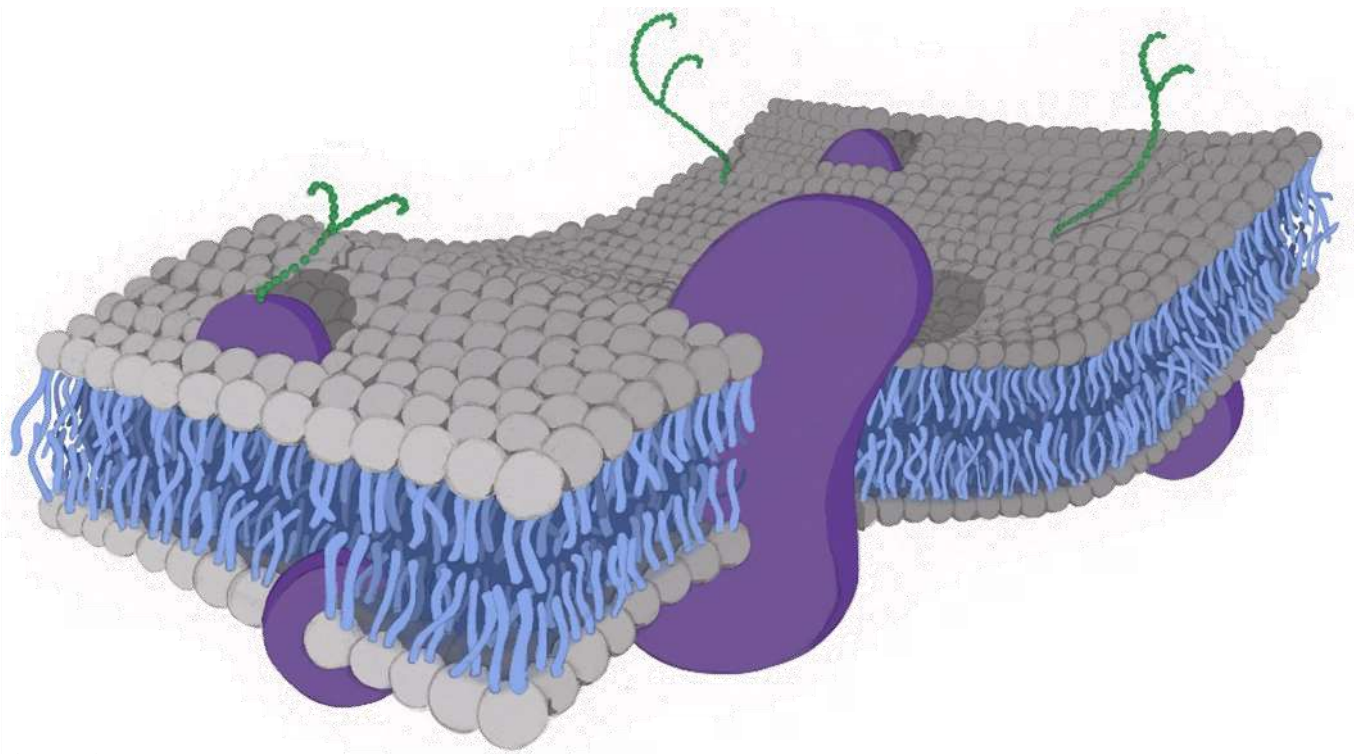


O que é que a membrana tem?



Cláudio Henrique de Souza Fernandes

Uyrá dos Santos Zama



Esta Sequência Didática é produto da dissertação
“Biomembranas e o ensino por investigação na educação superior”, desenvolvida no Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Ouro Preto, de autoria do Prof. Claudio Henrique de Souza Fernandes sob orientação da Profa. Dra. Uyrá Zama, do Departamento de Ciências Biológicas da UFOP.

As ilustrações utilizadas foram produzidas baseadas na estrutura microscópica das membranas biológicas e em experimentos realizados por nós, sendo portanto de nossa autoria.

O QUE É QUE A MEMBRANA TEM?

Prezados colegas professores, o desenvolvimento deste trabalho foi fundamentado na valorização da curiosidade humana, da nossa capacidade de elaborar perguntas desde que tivemos um primeiro contato com o mundo, ainda na primeira infância.

Muitos de nós, escolheu a academia como professores e pesquisadores, e fez da vocação por fazer perguntas, sua profissão.

Como pesquisadores, deixamos as perguntas nos mover e assim que obtemos alguma resposta, ela prontamente suscita outras tantas perguntas.

Por outro lado, quando exercemos a docência, levamos para a sala de aulas um conjunto de “respostas” que selecionamos cuidadosamente como fundamentais para o desenvolvimento de nossos alunos, mas muitas vezes esquecemos de oportunizar a eles, o instinto de perguntar.

Nessa relação, a transmissão das respostas ocorre passivamente e a pergunta que mais se ouve é “porque que é que eu tenho que saber isso”?

Assim, nos desafiamos a reorganizar algumas práticas usuais no ensino de Biologia Celular, mais especificamente sobre as Biomembranas, em uma abordagem investigativa, problematizada.

Gostaríamos com isso, que o aluno experimentasse ser co-responsável por sua aprendizagem e que adotasse uma postura mais crítica e participativa na sua formação.

Evidentemente, em uma única intervenção, não pudemos avaliar se o aluno adquiriu maior proatividade, entretanto, sugerimos que a adoção da investigação pode, no mínimo, ajudá-los a compreender melhor **“O que é que a membrana tem?”**.

INTRODUÇÃO

Dentre os vários conteúdos biológicos abarcados no Ensino Médio, está a Biologia Celular, então chamada de citologia. Em geral, o estudo das células eucariontes e procariontes, suas estruturas, constituição, funções e processos, ocorre no primeiro ano e ancora outros tantos conhecimentos de anos posteriores. Devido ao fato do seu principal objeto de estudo, as células (e suas organelas), serem microscópicas e não observáveis plenamente mesmo quando existe um laboratório de microscopia na escola, o ensino de biologia celular é, ao mesmo tempo, estimulante e um desafio para alunos e professores. Autores como Mendes (2010), Orlando *et al.* (2009), Fogaça (2006) e Bastos (1992) afirmam que a ausência da visualização dos fenômenos, aliado ao alto grau de abstração demandado em um extenso conteúdo (com grande quantidade de termos inéditos) abordados em sala de aula, não favorecem o processo de ensino-aprendizagem.

Mesmo na educação superior, quando se imagina que muitos dos alunos tenham escolhido a área biológica em razão de um interesse por assuntos relacionados às células, seja no contexto escolar ou na vida cotidiana (nas mídias principalmente), percebemos que há uma ruptura quando todos aquelas notícias fantásticas são traduzidas em nomes e processos complexos.

Estes desafios não são novidade e muitos professores pesquisadores de suas próprias práticas vem investindo no desenvolvimento de metodologias e ferramentas que ampliem o sucesso da aprendizagem. Várias estratégias vem sendo experimentadas, como as trazidas pelas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), seja no formato de animações/microfilmagens (ALBERTS *et al.*, 2017), vídeo-aulas (por exemplo os vídeos depositados na Khan Academy,

<https://pt.khanacademy.org>), Webquests (RAIMUNDO, 2017). Mais tradicionalmente, os professores de biologia celular se utilizam da construção de modelos (Figura 1) e da montagem de aulas práticas experimentais (ROCHA *et al*, 2016).

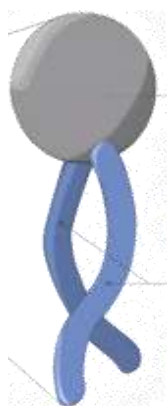
Figura 1: Representação da membrana em Biscuit (acervo pessoal)



No contexto escolar, quando pensamos em aulas práticas de biologia, inconscientemente, vislumbramos laboratórios, dissecações, microscópios, frascos especiais e todo aparato tecnológico que os cientistas utilizam em suas pesquisas. A execução dessas práticas pode de fato causar grandes efeitos ao aprendizado, ampliando a visão dos estudantes em sala de aula e fora dela, incitando ainda ao desafio e o raciocínio (LEITE *et al.*, 2008; BEREZUK e INADA, 2010).

Todavia, para Borges (2002) estas práticas são utilizadas como representação de ideias e conceitos, no qual o aluno simplesmente comprova o que se viu na teoria, sem que haja qualquer tipo de reflexão durante a execução do experimento. De modo distinto ao que o autor

afirma sobre as práticas de ensino em biologia, o ensino por investigação afirmam Silva e Mortimer (2016), Carvalho (2013) e Azevedo (2004) reconhecem que as práticas são úteis, visto que conduzem o aluno a buscar uma compreensão de conceitos, fazendo com que participe de seu processo de aprendizagem, tanto conceitual quanto procedimental, ocasionando o aumento da motivação, do raciocínio, da astúcia, da argumentação, da atitude e até na construção de valores. No ensino investigativo o docente deixa de ter um papel centralizador, cedendo ao aluno este posto, e se coloca como orientador mediando o raciocínio do estudante. Essa modalidade está pautada em **perguntas** ou na problematização, na formulação de hipóteses, explicações e evidências. Para que essa investigação fosse implementada decidimos utilizar os conceitos de Carvalho (2013) a respeito da Sequência de Ensino Investigativa (SEI). A SEI é um conjunto de atividades planejadas sobre um determinado conteúdo, como as Biomembranas, com objetivo de evidenciar conhecimentos prévios, ideias próprias, vivências... estimulando o desenvolvimento de novos conhecimentos, por parte dos alunos participantes, além de estimular o debate em sala de aula e a construção coletiva das relações explicativas.

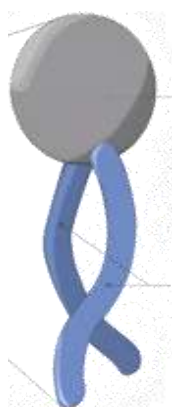


É você?

Percebe que seus alunos estão
motivados nas aulas práticas ou apenas
aguardam o tempo do experimento
transcorrer para anotar os resultados?

PROPOSTA DA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO (SEI)

O objetivo é construir o entendimento da estrutura e a composição de uma Biomembrana e o quanto esta organização é espontânea, estável, mas não indestrutível. Para tal, propusemos dois problemas direcionado ao docente mediador, que ao longo da SEI poderá desdobrá-lo em questões menores e sucessivas.



Pergunta 1

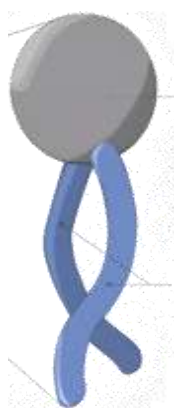
Como e quais elementos podem interferir na integridade da membrana ao ponto de desorganizá-la?

Para que os alunos compreendam este questionamento selecionamos um Experimento Didático Investigativo (EDI) que chamamos de “O efeito do solvente orgânico acetona, do detergente, da água e da temperatura nas membranas”. Neste experimento, empregado no ensino médio e superior, o aluno poderá evidenciar a ocorrência ou não de danos à integridade da membrana plasmática das células da beterraba, por meio da liberação dos plastídios contendo betacianinas, que passam a colorir ou não o meio no qual as células foram submersas.

Sugerimos que alguns aspectos sejam discutidos na montagem do experimento como motivadores da curiosidade:

- No início da disciplina, geralmente são abordados os diferentes métodos de estudo das células e os alunos descobrem, que farão poucas observações sobre os componentes celulares, pois estes são menores que o limite de resolução do microscópio óptico e, quase nunca, eles terão acesso a um microscópio eletrônico. Muitas vezes esta percepção frustra as expectativas dos alunos que esperavam ver ao menos as mitocôndrias com suas cristas, ou os ribossomos com suas subunidades. Neste sentido, esta prática mostra que mesmo não “enxergando” a membrana plasmática, é possível fazer uma extrapolação do que ocorre em cada célula para a organização macroscópica do cubo de beterraba. É uma observação indireta!
- Ainda, consideramos importante que eles percebam que outras Ciências, como a Química ou a Bioquímica, foram suficientemente úteis para que pesquisadores postulassem modelos organização da membrana, muito antes que estas pudessem ser observadas ao microscópio eletrônico. Ou seja, as perguntas é que movem a Ciência! Ver não é a única forma de enxergar!
- Considerando o conhecimento da composição lipoprotéica da membrana, porque escolhemos essas substâncias? Na vida cotidiana destes alunos, eles frequentemente associam os solventes (acetona, álcool, etc.) a removedores de gordura. Da mesma forma, limpam utensílios e superfícies engorduradas com detergente. Como será que isso é possível? Será que a gordura desaparece? E se lavarem as mãos apenas com a água... será que a gordura é eliminada? E as proteínas? São apenas estruturas acessórias na organização das membranas?
- E a temperatura? Como elas interferem na membrana? Será que a variação da temperatura faz o mesmo que o aquecimento e o

resfriamento de uma porção de manteiga, ou seja, liquefaz ou endurece? E as proteínas? Muitas vezes, a palavra desnaturação aparece nas respostas, entretanto, carecem completamente de significado.



Pergunta 2

Mesmo íntegra, a membrana é intransponível?

Para tal questionamento, propusemos outro EDI, que chamamos “O efeito da osmose sobre uma fatia de batata submergida em água e em solução salina”. Neste EDI sugerimos que sejam abordado os diferentes tipos de transporte através da membrana plasmática, usando como ponto de partida, o processo de osmose.

Novamente, sugerimos alguns aspectos que podem ser mediadores da discussão:

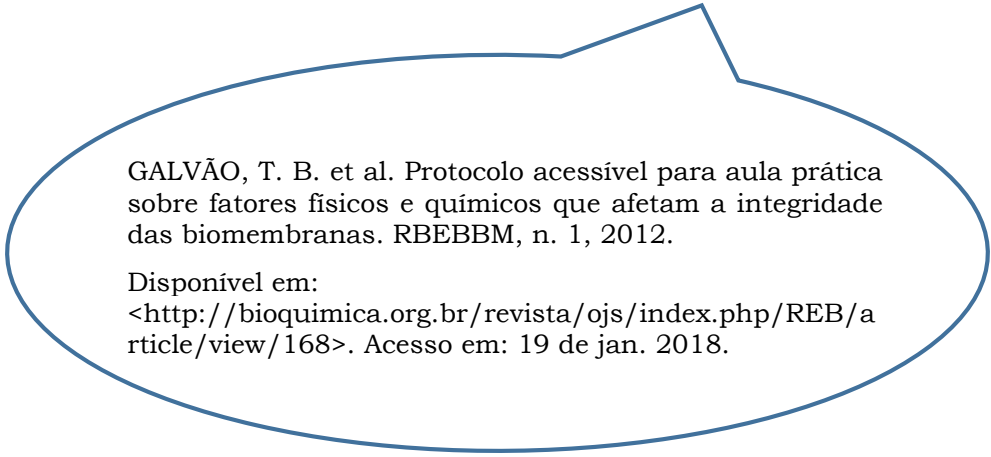
- As palavras “osmose”, “homeostase”, “soluto e solvente” são muito frequentes no discurso dos nossos alunos. Em geral, conhecem um pouco sobre os processos, mas não conhecem os atores em seus papéis. Quem de fato atravessa a membrana? Por onde? Bicamada lipídica ou pelas proteínas integrais?
- O que significa de fato transporte ativo e passivo? Quando considerado passivo não há nenhuma energia despendida, como a

própria energia cinética das moléculas? Quando ativo, sempre demandamos da energia de ligação armazenada na molécula de Adenosina Trifosfato (ATP)?

- Falamos em ambientes aquosos. Falamos que somos 70% água. Mas onde fica essa água toda? Ela está livre na célula? Ou seja, cada vez que nos movemos, a água celular se movimenta conosco? Os ambientes aquosos intra e extracelular são iguais? A concentração iônica é a mesma? Qual o papel dos íons na osmose e nos transportes como um todo?

Compreendam que o ensino por investigação ou baseado em problemas deve levar em consideração todo tipo de hipótese e elementos que os alunos trouxeram para a discussão, mas o professor mediador precisa ter definido, quais questões ele pretende resolver. Qual o rumo que a prática deve assumir para alcançar os objetivos. Por isso, a sugestão de percursos que oferecemos até aqui.

Para mais informações, sugerimos a leitura do artigo:

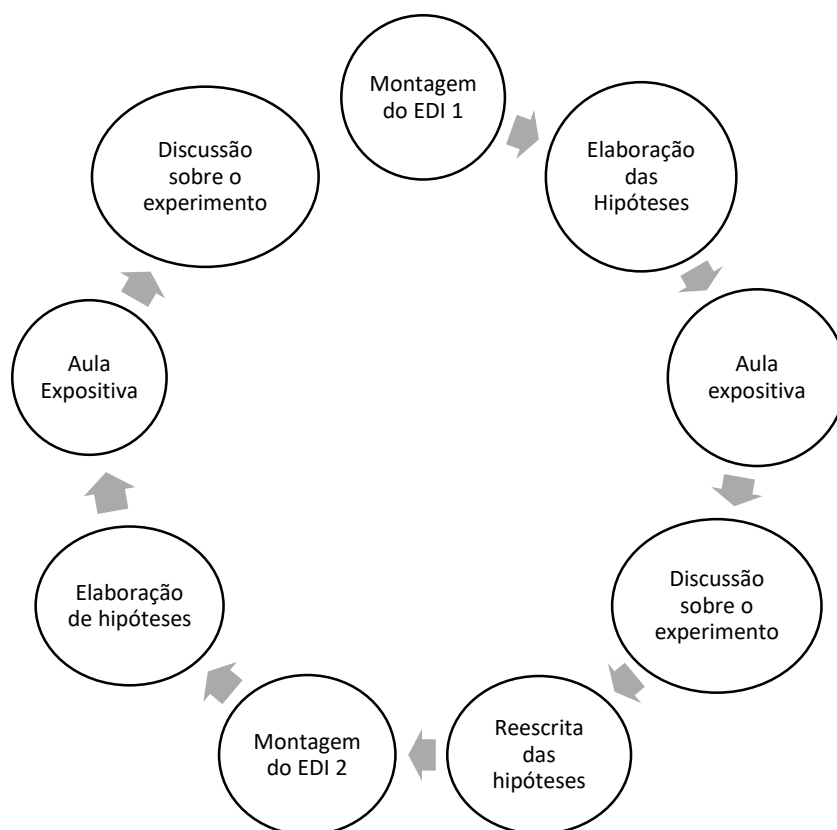


GALVÃO, T. B. et al. Protocolo acessível para aula prática sobre fatores físicos e químicos que afetam a integridade das biomembranas. RBEBBM, n. 1, 2012.

Disponível em:

<<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/168>>. Acesso em: 19 de jan. 2018.

SUGESTÃO DE APLICAÇÃO DA SEI



Primeiro Momento – Exposição e montagem do EDI:

Duração: 15 minutos

Procedimento: Sugerimos iniciar a aula montando o experimento junto com os alunos, organizados em grupos, caso seja uma turma numerosa, ou uma única montagem para que todos acompanhem. Sugerimos que o experimento seja montado em sala de aula onde será ministrada a aula teórica dialógica. Em seguida os roteiros deverão ser entregues aos alunos, para que eles tentem antecipar o efeito que será observado, bem como elaborem uma hipótese explicativa para o fenômeno.

Atenção!

- Os cubos de beterraba devem ser preparados com antecedência. Um dia antes, corte cubos proporcionais ao frasco

que será utilizado e enxague abundantemente. É preciso que toda betacianina liberada no corte seja lavada, para que nos frascos não haja a pigmentação dos líquidos independentemente destes causarem ou dano danos a membrana.

- Os utensílios utilizados para a prática podem ser desde tubos de ensaio, Beckers até recipientes improvisados, entretanto, este precisa ser resistente a acetona. Muitos dos frascos de plástico não são resistentes a acetona, provocando um aspecto turvo da acetona e comprometendo o resultado final.
- O detergente pode ser de uso residencial, entretanto, lembrem de escolher uma versão transparente. O detergente será diluído em partes iguais com a água no frasco do experimento.
- A acetona pode ser PA (para análise) ou comercial. Não precisa ser diluída, mas se possível, o frasco deve permanecer fechado em função de ser uma substância volátil, com grande tendência a hidratação e de odor irritante.
- Para o aquecimento podem ser utilizados desde placas aquecedoras ou agitadores magnéticos com aquecimento, ou mesmo um ebulidor. Também é interessante levar a água já aquecida e acondicionada em um recipiente térmico para evitar acidentes em sala de aula.

Roteiro proposto para a primeira EDI:

Nome:

Composição e integridade das membranas celulares

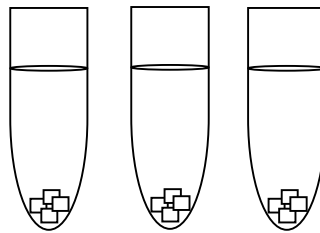
As membranas são envoltórios finíssimos que revestem todas as células e suas organelas. Com a espessura média de 7 nm, as membranas só podem ser observadas ao microscópio eletrônico de transmissão (**MET**), sendo que nos microscópios ópticos, apenas podemos constatar sua presença através de métodos indiretos. As membranas são compostas por **lipídeos** (fosfolipídios principalmente), **proteínas** e **açúcares**, organizadas

como um mosaico fluido. Estas se formam espontaneamente em **ambiente aquoso** e sua integridade é mantida especialmente pela propriedade de “autosselamento”.

Proposta experimental:

VERIFICAÇÃO DO EFEITO DO DETERGENTE E DE UM SOLVENTE ORGÂNICO (ACETONA) SOBRE A INTEGRIDADE DA MEMBRANA PLASMÁTICA

1. Numere 3 tubos de ensaio e os coloque no gradeado;
2. Coloque dentro de cada um deles alguns cubos de beterraba (*Beta vulgaris*) lavadas e secas previamente.
3. Adicione respectivamente:
TUBO 1 – 5 ml de água;
TUBO 2 – 5 ml de acetona 70%;
TUBO 3 – 5 ml de detergente.



- Após alguns minutos, quais as diferenças macroscópicas você espera que sejam observadas entre os 3 tubos?

- Como você explica a diferença entre eles? Qual deve ter sido o efeito da água, da acetona e do detergente nas membranas?

- Após a realização da discussão em sala de aula, a sua hipótese descrita acima foi confirmada?

() SIM () NÃO () Em partes

- Caso não tenha se confirmado (ou apenas em partes), explique novamente o efeito da água, acetona e detergente nas membranas.

De volta ao experimento!

4. Submeta o tubo 1 (beterraba + água) ao aquecimento e **observe** o que acontece.

- O que aconteceu com a água adicionada a beterraba? Como você explica o efeito do aquecimento nas membranas biológicas?

Para orientar os alunos solicite que eles deem a maior quantidade de detalhes que eles conseguirem durante a escrita da hipótese para cada uma das substâncias presentes nos tubos de ensaio. Estimule-os também a comunicarem entre si, o preenchimento não se trata de uma tarefa individual, o processo de discussão entre eles é importante.

A mediação do professor é essencial nessa etapa, onde será realizada a **Problematização** que consiste em gerar um problema, fomentar desafios aos alunos durante o processo pedagógico.

Segundo Momento – Aula dialógica:

Duração: 1:30h/aula

Procedimento: Nesse segundo momento o professor deverá iniciar uma aula sobre a membrana plasmática, contendo parte histórica, sua composição, estrutura, demais componentes da membrana, polaridade das moléculas que a formam. Sugerimos que a aula seja apresentada em Power Point, visto que tal conteúdo é de difícil abstração, facilitando assim a visualização das estruturas mencionadas. Esta aula não seguirá o padrão tradicional de ensino, logo, o docente deverá instigar os alunos a pensarem sobre os fatos abordados, sugerimos que o regente tente aproximar o conteúdo com exemplos do cotidiano sempre que possível e propicie a interação integrada da classe.

Em todo momento da apresentação do conteúdo em que for abordado conteúdos que auxiliarão na formulação da resposta, sugerimos que o professor mencione ou destaque que a informação é relevante.

Por exemplo, (1) ao longo da explicação da composição da membrana, em geral com 50% de massa de proteína e 50% de lipídio; (2) na explicação das propriedades, como a reciclagem e o autosselamento; (3) na conceituação de fluidez de membrana e dos fatores que interferem neste equilíbrio e (4) principalmente na diferenciação entre micelas (Figura 2) e bicamadas lipídicas (Figura 3).

Figura 2: Fosfolipídio (em destaque) organizado em micelas

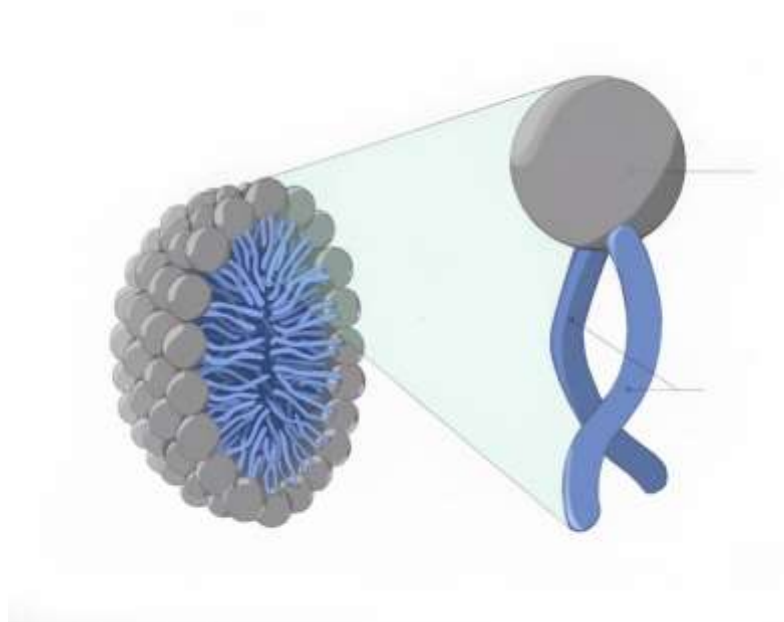
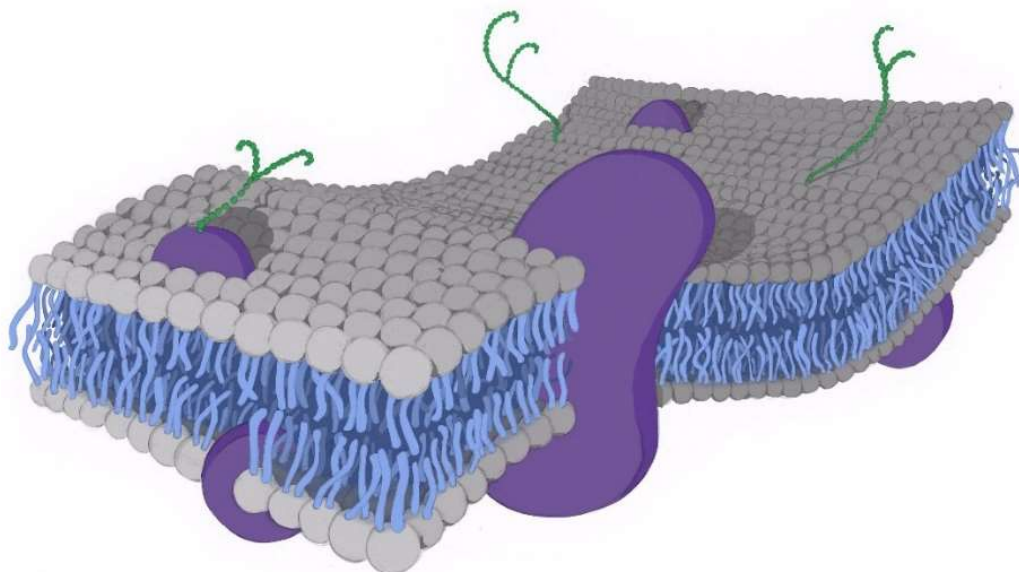


Figura 3: Membrana plasmática formada pela bicamada lipídica, proteínas e polissacarídeos



Terceiro Momento – Discussão dos Experimentos:

Duração: 40min/aula

Procedimento: Na sequência da aula, agora que os alunos possuem uma maior bagagem teórica, inicia-se a discussão dos experimentos com a intenção que os conceitos abordados no segundo momento juntamente com os conhecimentos prévios da turma sejam utilizados para a confecção de uma explicação sobre cada um dos reagentes.

Primeiramente solicite aos alunos que verifiquem se suas hipóteses foram confirmadas ou não, interaja de tal maneira que os alunos expliquem/expressem o que colocaram, dessa maneira eles irão discutir entre eles elaborando argumentos válidos ou equivocados. O docente é essencial para que os argumentos equivocados não sejam assumidos como afirmações verdadeiras. Discuta com a classe a composição de cada um dos reagentes, sua polaridade, comparando com a composição da membrana de tal maneira com que estas “pistas” facilite a compreensão do coletivo dos alunos.

Nesse momento, em que os alunos demonstram um maior apanhado sobre os conceitos e que algumas conclusões já estão mais bem formuladas e interiorizadas, submeta o frasco contendo água e beterraba ao aquecimento em uma fonte de calor disponível. Solicite aos alunos que gerem hipóteses sobre os acontecimentos futuros, focalizando a situação da membrana plasmática antes e depois. Prossiga com a discussão de tal maneira que os estudantes notem a interferência da temperatura na membrana, de tal maneira que eles percebam que as moléculas ficarão mais ativas (grau de agitação molecular) e a membrana mais fluida, causando assim a desorganização das moléculas e o extravasar dos plastídeos da beterraba. Ao final solicite que preencham o último questionamento do roteiro.

Em seguida, retorne aos questionamentos sobre as hipóteses dos três tubos de ensaio contendo os solventes e solicite aos alunos que assinalem uma das alternativas a respeito da validade das suas hipóteses.

Caso elas sejam confirmadas, solicite que o discente assinale “SIM”, caso elas não sejam confirmadas que assinalem “NÃO” e se as hipóteses forem parcialmente confirmadas ou refutadas, que assinale “EM PARTES”. Logo abaixo existe um espaço para que o aluno reescreva a sua hipótese. Solicite que mesmo aqueles que preencheram SIM, que sua hipótese inicial havia se confirmado, que reescrevam a casuística dos fenômenos observados. O processo de reescrita é de suma importância do ponto de vista pedagógico, pois a partir dele pode ser percebido a evolução da linguagem, a sofisticação dos conceitos, o uso de informações debatidas em aula ou trazidas da própria vivência, que balizará ou não a metodologia. Mesmo que o grau de entendimento do processo varie entre os alunos, o que mais importa é a evolução individual e o quanto ele se engajou na busca pela solução.

Quarto Momento – Exposição e montagem do EDI:

Duração: 10min/aula

Procedimento: O regente começará a aula realizando a montagem do segundo experimento conforme instruções do roteiro, caso o local tenha disponibilidade de laboratório o mesmo poderá ser realizado nesse espaço dando preferência para que os alunos realizem os procedimentos propostos. Em seguida o regente fará a distribuição dos roteiros.

Roteiro proposto para o segundo EDI

Nome:

Transporte através das membranas celulares

As membranas são o limite das células e organelas com o meio extracelular e citoplasmático, respectivamente. Cabe a membrana viabilizar o transporte de todas as moléculas para dentro ou para fora dos ambientes limitados por elas. Os transportes podem ser passivos ou ativos, além de acontecerem através da bicamada lipídica ou pelas proteínas.

Proposta experimental:

- PERMEABILIDADE SELETIVA DA MEMBRANA PLASMÁTICA
1. Com auxílio de uma faca ou estilete, corte uma fatia fina de batata (*Solanum tuberosum*);
 2. Coloque a fatia sobre um pedaço de papel e circunde com uma caneta a área ocupada por essa fatia;
 3. A seguir, coloque a fatia de batata em uma solução concentrada de NaCl (sal de cozinha) e aguarde cerca de 1 hora.
 4. Seque a fatia em um papel filtro e coloque-a sobre a área anteriormente demarcada no pedaço de papel. Compare as marcações.

- O que ocorreu com o diâmetro da fatia de batata depois da imersão em solução salina? Indique e explique o processo ocorrido neste experimento.

Quinto Momento – Aula dialógica:

Duração: 1h/aula

Procedimento: Nesse momento o regente poderá realizar uma aula sobre os transportes através da membrana Assim como a aula do outro experimento deverá ser guiada por um questionamento norteador: “Mesmo íntegra, a membrana é intransponível?”. A partir desta questão o docente dará sequência no processo pedagógico, que assim como no primeiro experimento não deverá ser realizado de modo tradicional, o docente deve propiciar aos alunos uma visão questionadora sobre os fatos discutidos.

Novamente, a aula deve traçar o raciocínio dos alunos como por exemplo, (1) Quando o transporte é realizado através da bicamada lipídica, quando ocorre por proteínas? (2) Como a água atravessa a bicamada lipídica? Talvez seja um aparente paradoxo extremamente instigante! (3) O que são as famosas bombas de ATP? (4) Qual a vantagem do transporte acoplado? Novamente, um ponto de difícil compreensão, é como o transporte acoplado (que se utiliza da diferença de concentração a favor de um gradiente) é uma categoria de transporte

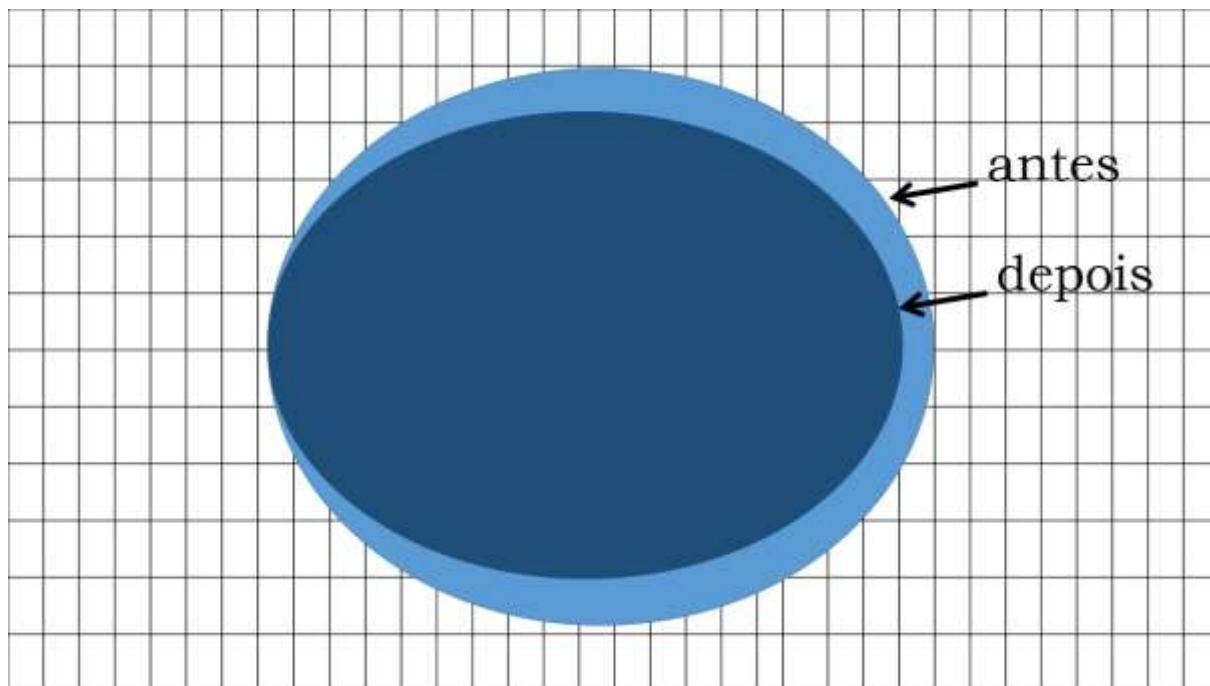
ativo? (5) Existem outras fontes alternativas de energia? E a luz? (6) E as células que tem parede celular? As paredes interferem na passagem da água? (7) Se o experimento fosse montado com células animais, o resultado seria o mesmo? (8) Já que a concentração iônica dentro e fora da célula são diferentes, o que significa para o organismo a ingestão de bebidas isotônicas? São isotônicas em relação a quem? (9) Se somos feitos de células, o mergulho em água salgada, ou a perda de água pelo suor pode afetar as nossas células? Novamente, se pretendemos que os alunos extrapolem o efeito de uma célula para uma fatia de batata, temos que estar preparados para transpor para o organismo todo!

Sexto Momento – Discussão dos Experimentos:

Duração: 30 min/aula

Posteriormente a aula dialógica retome ao experimento e revele aos alunos o que ocorreu com as fatias de batatas submersas nos líquidos, questione-os sobre os motivos da diferença entre as fatias e questione-os de tal maneira a saber se esse era o resultado esperado por todos. Posteriormente a isso solicite que os alunos preencham o roteiro com o máximo de detalhes possíveis.

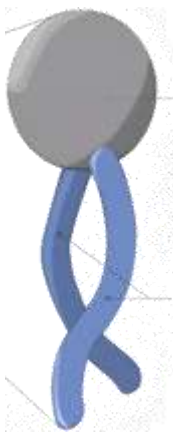
Para melhor visualização da osmose na fatia de batata, sugerimos o uso das marcações em papel milimetrado ou quadriculado (de preferência plastificado para marcação de caneta para retroprojeter ou marcados de CD), de forma que mesmo que o efeito seja mais sutil que o esperado, ele possa ser claramente mensurado.



CONCLUSÃO

Consideramos que esse movimento, dos alunos trazerem para a aula assuntos cotidianos deve aparecer nestas aulas e em outras tantas. Nem sempre podemos nos preparar para todas as respostas, o que é muito interessante! Voltamos ao papel de “perguntadores” e abandonamos a postura de fornecedores das respostas.

Na nossa opinião, o ensino por investigação pode auxiliar no aprendizado e no seu engajamento ao curso. A problematização pode demonstrar aos alunos que o encanto e curiosidade pela biologia celular que os trouxeram para um curso na área biológica, ainda está no espaço escolar! “Aprender”, se apropriar de um conceito/conteúdo, não é uma obrigação punitiva, mas uma fonte inesgotável de perguntas...



Falando nisso...

O que é a “água micelar” que eu vi na farmácia? Aliás, li também que uma roupa íntima tinha “micelas” de vitaminas para os cuidados com a pele? No meu shampoo e medicamentos também tem “micelas”?...

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- ALBERTS, B. *et al.* Biologia molecular da célula. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 1427 p.
- AZEVEDO, M. C. P. S. de. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. Carvalho, A. M. P. de. In: Ensino de Ciências: Unindo a pesquisa e a prática. Thomson, 2004. p. 19-33.
- BASTOS, F. O conceito de celular viva entre alunos de segundo grau. Em Aberto, Brasília, v. 11, n. 55, p.63-69, jul./set. 1992. Disponível em: <<http://emaberto.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/view/1860/1831>>. Acesso em: 21 jan. 2017.
- BEREZUK, P. A.; INADA, P. Avaliação dos laboratórios de ciências e biologia das escolas públicas e particulares de Maringá, Estado do Paraná. Acta Scientiarum. Human and Social Sciences, v.32, n.2, p. 207 - 215, 2010.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.19, n. 3, p.291-313, dez. 2002.
- BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) Ensino de ciências por investigação - Condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013. cap.1.
- ENGLE, R. A. & CONANT, F. R. Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: explaining an emergent argument in a community of learner's classroom. Cognition and Instruction, v. 20, p. 399-484, 2002.
- FOGAÇA, M. Papel da interferência na relação entre modelos mentais e modelos científicos de célula. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Educação de São Paulo, USP, 2006.
- LEITE, *et al.* A importância das aulas práticas para alunos jovens e adultos: uma abordagem investigativa sobre a percepção dos alunos do PROEF II. Ensaio: 2008.
- MACHADO, E. F. Os estudos observacionais de Maria Sibylla Merian: contribuições para o ensino dos insetos mediado por tecnologias da

- informação e comunicação. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação, ciência e tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2016.
- MENDES, M. A. de A. produção e utilização de animações e vídeos no ensino de biologia celular para a 1ª série do ensino médio. 2010. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em: <http://ppgec.unb.br/images/sampled_data/dissertacoes/2010/versaocompleta/maximiliano_augusto_de_araujo_mendes.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2017.
- ORLANDO, T. C. *et al.* Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de Biologia Celular e Molecular no Ensino Médio por graduandos de Ciências Biológicas. *Revista de Ensino de Bioquímica*, v. 7, n. 1, p. 1-17, 2009.
- RAIMUNDO, R. L. S. Avanços conceituais em biologia celular mediados por WebQuests. 2017. 117f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.
- ROCHA, M. P. *et al.* Atividades práticas em biologia celular. Pelotas: UFPel, 2016. 144 p.
- SASSERON, L. H.; DUSCH, R. A. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 21, n.2, 2016, p. 52-67.
- SILVA, F. A. R. e; MORTIMER, E. F. Atividade Investigativa na Educação Superior. Curitiba: Appris, 2016. 335 p.
- SILVA, G. C. C. Histologia no contexto ciência tecnologia e sociedade: uma experiência na formação inicial dos professores. 2017. 58f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.
- SOUZA, T. N. Engajamento disciplinar produtivo e o ensino por investigação: estudo de caso em aulas de física do ensino médio. 2015. 137p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Química e Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, p.32, 44, 201

MATERIAL DE APOIO

